

(9)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-218651

(43)Date of publication of application : 10.08.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/42
H01L 31/0232

(21)Application number : 10-033989

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 30.01.1998

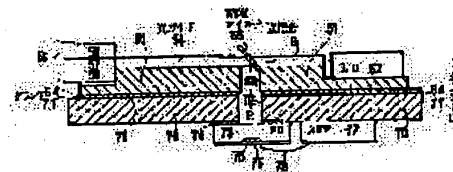
(72)Inventor : KUHARA ~~MIKI~~ YOSHIKI
NAKANISHI HIROMI

(54) OPTICAL TRANSMISSION AND RECEPTION MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive optical transmission and reception module which consists of a small number of components and is easily manufactured in high yield.

SOLUTION: This optical transmission and reception module consists of a filter 66 which is provided obliquely halfway in a light guide part of a 1st substrate 7 and reflects part of light downward and reflects the other light, an LD 62 which is provided at a step part of the 1st substrate 70 opposite an end part of a light guide 54, a 2nd substrate 51 which has a metallized layer 64 on the top surface and a 2nd longitudinal hole 72 at a position corresponding to a 1st longitudinal hole 68 and has the top-surface metallized layer joined with a metallized layer 64 on the reverse surface of the 1st substrate 70, a PD which is fitted onto the bottom surface of the 2nd substrate right below the longitudinal hole of the 2nd substrate 51, and an amplifier which is fixed on the bottom surface of the 2nd substrate and amplifies the photocurrent of the PD. The metallized layer at the border between the 1st substrate 70 and 2nd substrate 51 is at the ground potential and the tip of an optical fiber is fixed in the front V groove of the 1st substrate 70; and part of the light exiting from the optical fiber is reflected downward and made incident on the PD and the part from the LD 62 is partially transmitted through the filter and enters the optical fiber.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3277876

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3277876号

(P3277876)

(45) 発行日 平成14年4月22日 (2002. 4. 22)

(24) 登録日 平成14年2月15日 (2002. 2. 15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

請求項の数10(全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-33989 ← Application Serial No.

(22) 出願日 平成10年1月30日 (1998. 1. 30)

(65) 公開番号 特開平11-218651

(43) 公開日 平成11年8月10日 (1999. 8. 10)

審査請求日 平成12年5月24日 (2000. 5. 24)

(73) 特許権者 000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 工原 美樹
大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 中西 裕美
大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
住友電気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 100079887
弁理士 川瀬 茂樹

審査官 吉田 英一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光送受信モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中間部に設けられた光を導く光ガイドと光ガイドの一部に穿たれた第1縦穴と一方の端部に設けられ光ファイバ先端を固定するV溝と反対側の端部にLEDを取り付ける段部と底面にメタライズ層を有する第1基板と、第1基板の光ガイド部の途中に傾斜して設けられ一部の光を下方に反射し一部の光を反射するフィルタと、光ガイドの端部に対向するよう第1基板の段部に設けられるLEDと、上面にメタライズ層を有し第1縦穴に対応する位置に設けた第2縦穴を有し前記第1基板の裏面のメタライズ層に上面メタライズ層が接合された第2基板と、第2基板の縦穴の直下において第2基板底面に取り付けられるPDとよりなり、第1基板と第2基板の境目のメタライズ層はグランド電位となり、第1基板の前方のV溝に光ファイバの先端が固定され、光ファイバ

から出た光はその一部がフィルタによって下方に反射されてPDに入射し、LEDからの光は一部がフィルタを透過して光ファイバに入るようにしたことを特徴とする光送受信モジュール。

【請求項2】 光ガイドが直線状の光導波路であって、その中間位置に斜めに設けられるフィルタは、1波長の光を所定の比に反射、透過するフィルタであって、光ファイバからの光の一部がフィルタによって反射されてPDに受光され、LEDからの同一波長の光の一部がフィルタを透過して光ファイバに入るようにしたことを特徴とする請求項1に記載の光送受信モジュール。

【請求項3】 光ガイドが直線状の光導波路であって、その中間位置に斜めに設けられるフィルタは、ある波長 λ_1 をほぼ100%反射し、レーザから放射された別異の波長 λ_2 を略100%透過する波長選択性あるフィル

タである事の特徴とする請求項1に記載の光送受信モジュール。

【請求項4】 光ガイドが石英系の光導波路によって形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項5】 フィルタが透光性の高分子薄膜上に光学的多層膜を形成してなることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項6】 フィルタが透光性のガラス基板上に光学的多層膜を形成してなることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項7】 フォトダイオードがSiよりなり、発光素子として半導体レーザがGaAs系よりなることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項8】 フォトダイオードがInGaAs若しくはInGaAsPの受光層をもち、半導体レーザがInGaAsP系よりなることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項9】 フォトダイオードが裏面入射型のフォトダイオードである事の特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項10】 フォトダイオードの近傍に増幅器を配置した事の特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光ファイバに2つ以上の異なる波長の光信号を一方向或いは双方向に通し、基地局と加入者との間で情報を伝送する光双方向通信において、受光素子と発光素子を一体化した光送受信モジュールに関する。

【0002】【光双方向通信の説明】近年、光ファイバの伝送損失が低下し、半導体レーザ（以下LDと略す）や半導体受光素子（以下PDと略す）の特性が向上してきた。このため光を用いたさまざまな情報の伝送が可能になってきた。光を用いる通信であるので、これら技術を光通信と呼ぶ。伝送されるべき情報の形態としては、電話、ファクシミリ、テレビ画像信号などがある。特に、波長が1.3 μ m帯の光や、1.55 μ m帯の光などの長波長の光を用いた通信の試みが盛んに行われている。

【0003】最近、1本の光ファイバを用いて信号を双方向に送り、同時に信号を送受信できるシステムが検討されている。信号を双方向に送るので双方向通信と呼ぶ。この方式の利点は、ファイバが1本で済むということである。図1はこのような双方向通信の内、異なる波長の光を用いる波長多重双方向通信の原理図である。一つの局と、複数の加入者が光ファイバによって結合されている。ここでは加入者は一つだけ図示している。実際

には数多くの分岐点があり、局からの光ファイバは、途中で多数の光ファイバに分岐して加入者の装置に至っている。

【0004】局側は、電話やTVの信号をデジタル或いはアナログ信号として増幅し、この信号によって半導体レーザLD1を駆動する。この信号は波長 λ_1 の信号となって、光ファイバ1に入る。これが分波器2によって中間の光ファイバ3に導かれる。さらに加入者側の分波器4によって光ファイバ5に入り、受光素子PD2によって受信される。受光素子によって光電変換され、電気信号P3となる。電気信号P3は加入者側の装置によって増幅され信号処理されて、電話の音声或いはテレビ画像として再生される。このように基地局から加入者側に向かう信号を下り信号といい、この方向の情報の流れを下り系という。

【0005】一方加入者側は、電話やファクシミリの信号を半導体レーザLD2によって波長 λ_2 の光信号に変換する。 λ_2 の光は、光ファイバ6に入射し、分波器4によって中間の光ファイバ3に導かれ、局側の分波器2を通して、受光素子PD1にはいる。局側の装置は、 λ_2 の光信号をPD1によって光電変換し、電気信号とする。この電気信号は、交換機や信号処理回路に送り込まれて適当な処理を受ける。このように局側へ信号を送る方向を上り系という。その信号を上り信号という。

【0006】以上の説明では、 λ_1 は下り系、 λ_2 は上り系のみに使われている。しかし実際には、同じ波長の光を下りと上りに使う事がある。時には、2種類の波長の光の何れをも上りと下りの両方に伝搬させる事もある。このような場合、波長の違う二つの光の分離が極めて重要な問題になってくる。

【0007】【光の分波器の説明】このように、2つの波長の光を用い、1本の光ファイバによって、双方向通信を行うためには、局側、加入者側のどちらにも光の波長を識別し光路を分離する機能が必要になる。図1に於ける分波器2、4がその機能を果たす。分波器は、波長 λ_1 、 λ_2 の光を、結合して1本の光ファイバに導入したり、二つの波長の光から、一方の光のみを選んで一本の光ファイバに取り出したりする作用がある。波長多重双方向通信を行うには分波器が極めて重要な役割を果たす。

【0008】現在提案されている分波器にはいくつかの種類がある。図2～図3によって説明する。図2の例では、分波器は光ファイバまたは光導波路によって作られる。二つの光路8、9が一部分10で近接しており、ここで光エネルギーの交換がなされる。近接部10の間隔Dや距離Lによって、様々の態様の結合を実現できる。ここでは光路8に λ_1 に光を入射すると、光路11に λ_1 の光が出てくるようになっている。光路12に λ_2 の光を入れると光路9に λ_2 の光が出てくる。これが導波路型の分波器である。

【0009】図3に示すのは多層膜ミラーを使うものである。二等辺三角形柱状のガラスブロック13、14の斜辺面に誘電体多層膜を形成している。誘電体の屈折率と厚みを適当に組み合わせて、 λ_1 の光は全て透過し、 λ_2 の光は全て反射するようにしている。これは45°の角度で入射した光を反射させ或いは透過させる機能を有する。この分波器も図1の分波器2、4として利用できる。このような分波器は、分波・合波器とも呼ばれる。WDMということもある。光ファイバやガラスブロックによるものは既に市販されている。

【0010】

【従来の技術】加入者側の光送受信モジュールについて図16によって説明する。図16において、局から加入者に向けて敷設された光ファイバ16の終端が光コネクタ17によって、屋内の光ファイバ18に接続される。加入者の屋内にあるONUモジュールには、光ファイバWDM21（分波器）が設けられる。光ファイバ18と光ファイバ19がWDM21の内部で波長選択的に結合されている。光ファイバ18には光コネクタ22によってLDモジュール25を繋ぐ。光ファイバ19には光コネクタ23を介してPDモジュール27を接続する。

【0011】LD25、光ファイバ24は上り系をなす。1.3 μ m帯光が加入者側の信号を局へと伝送する。光ファイバ26、PDモジュール27は下り系である。局からの1.5 μ m帯信号を受けて、PDモジュールによって光電変換する。送信装置であるLD25は電話やファクシミリの信号を増幅し、変調する回路や、電気信号を光信号に変換する半導体レーザなどを含む。受信装置であるPDモジュール27は、局から送られたTV信号、電話などの光信号を光電変換するフォトダイオードと増幅回路、復調回路などを含む。

【0012】波長分波器（WDMモジュール）21は、1.5 μ m帯光と、1.3 μ m帯光を分離する作用がある。この例では、1.3 μ m帯光を上り系の信号とし、1.5 μ m帯光を下り系の信号として使っている。本発明は、二つの異なる波長の光信号を用いて双方向通信をする場合における光送受信モジュールの改良に関する。光送受信モジュールというのは発光素子、受光素子、これらの周辺電気回路などを含めたものである。これらの要素についての従来技術を説明する。

【0013】【従来例に係る半導体発光素子（LDモジュール）の説明】図4によって従来例に係る半導体発光素子（LDモジュール）28を説明する。半導体レーザチップ（LD）29と、モニタ用のフォトダイオードチップ30を含むモジュールである。LDチップ29はヘッダ32の隆起部（ボール）31の前側面に固定される。LDチップの表面に平行の光を発生するからである。ヘッダ32の底面にはLDの背面発光が入射する位置に、PDチップ30が固定される。ヘッダ32の下面には適数のリードピン33がある。ヘッダ32の素子取

り付け面は、キャップ34によって覆われる。

【0014】キャップ34の中央部には窓35が開口している半導体レーザ（LD）の光はチップから上下方向に出る。窓35の直上にはレンズ37がある。これはレンズホルダー36によって支持される。レンズホルダー36のさらに上には、ハウジング38があつて、これの上頂部にはフェルール39が固定される。フェルール39は光ファイバ40の先端を保持する。フェルールと光ファイバの端部は斜めに研磨されている。反射戻り光がLD29に入るのを防ぐためである。

【0015】半導体レーザ（LD）29の光を、光ファイバ40の他端において監視しながら、ホルダー36をヘッダ32に対して位置決めし、さらにハウジング38をレンズホルダー36に対して位置決めする。半導体レーザ29、フォトダイオード30の各電極はワイヤによってリードピン33のいずれかに接続される。

【0016】半導体レーザから出た光はレンズによって絞られ、光ファイバの端部に入射する。半導体レーザは信号によって変調されているから、この光は信号を伝送する事になる。半導体レーザの出力は反対側にあるモニタ用フォトダイオード30によってモニタされる。1.3 μ m～1.5 μ m帯の発振波長は半導体層の材料によって決まる。

【0017】【従来例にかかる半導体受光素子モジュールの説明】図5によって従来例にかかるPDモジュールを説明する。受光素子チップ41がヘッダ42の上面にダイボンドされる。ヘッダ42の下面にはリードピン43が設けられる。ヘッダ42の上面はキャップ44によって覆われる。キャップ44の中央には光を通すための開口部45がある。キャップの外側にはさらに円筒形のホルダー46が固定される。これはレンズ47を保持するためのものである。

【0018】レンズホルダー46のさらに上には、円錐形のハウジング48が固定される。光ファイバ50の先端をフェルール49によって固定する。フェルール49はハウジングによって保持される。フェルール、光ファイバの先端は斜め研磨してある。

【0019】受光素子の場合も、光ファイバに光を通し、PDチップ41の出力を監視しながら、ホルダー46の位置と、ハウジング48の位置、フェルールの位置を決める。受光素子の半導体層によって、受光可能な波長範囲が決まる。可視光の場合はSiのPDを用いる事ができる。近赤外光を用いる送受信モジュールを対象にする場合は、SiのPDは不適当である。近赤外光を感じるためにInPを基板とする化合物半導体の受光素子を用いる必要がある（受光層はInGaAsまたはInGaAsP）。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】光双方向通信の加入者の最も多くは一般の家庭である。だから今ある電話の数

だけは市場があるはずである。しかし普通のメタル線による電話と同じくらいに安価にしないと一般家庭は購入しにくい。モジュールを低価格にする必要がある。ところが図3の従来の個別のモジュール(LDモジュール、PDモジュール、WDMモジュール)の組み合わせでは、個別モジュール価格の合算価格に成り高価になってしまう。このようなモジュールの高価であることが光加入者系の進展を妨げている。一般消費者が購入しようとする気になるような安価な機器を用意しなければならない。

【0021】そこで少しでも部品点数を減らす、よりコンパクトにする、より低コストにするという試みが幾つか提案され公表されている。図6、図7、図8に新しく提案されているモジュールの幾つかを示す。いずれも新規な利点がある。が本発明者から見ればなお不十分であってそれぞれに欠点がある。

【0022】[A. 横反射WDM型(図6)]小楠正大、富岡多寿子、大島茂、「レセプタクル形双方向波長多重光モジュール」、1996年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-208, p208 (1996)はミラー形WDM素子を提案している。図6にミラー型のWDMを使ったモジュールを示す。矩形のハウジング80の中央に、WDMフィルタ81を対角線方向に45度傾けてセットしている。ハウジング80の2側面にLD83とPD85を設置している。WDM81とLD83の間にはレンズ82を設置している。WDM81とPD85の間にはレンズ84を設けている。LD83とWDM81の中心を結ぶ直線上に光ファイバ86、レンズ87を設けている。LDからの送信光 λ_1 はWDMを透過して光ファイバに入射する。光ファイバからの他者からの信号光 λ_2 はWDMで横方向に反射されてPD85に入る。波長によって透過、反射の性能が違うので2つの異なる波長が分離される。しかしこれは図3のものと大差ない。LD、PDの形態、集光レンズなどの配置、WDMを使う等、従来のものの延長上にある。コスト低減も不十分である。大した改良ではない。もっと部品点数を減少させる必要がある。

【0023】[B. Y分岐導波路型] N. Uchida, H. Yama da, Y. Hibino, Y. Suzuki, T. Kurosaki, N. Ishihara, M. Nakamura, T. Hashimoto, Y. Akahori, Y. Inoue, K. Moriwaki, K. Kato, Y. Tohmori, M. Wada, and T. Sugie, "LOW-COST AND HIGH-PERFORMANCE HYBRID WDM MODULE INTEGRATED ON A PLC PLATFORM FOR FIBER-TO-THE-HOME", 22nd European Conference on Optical Communication- ECOC'96, OSLO, TuC.3.1, P2.107(1996)は分岐導波路型のWDM素子を提案している。図7は、WDMを埋め込んだ石英系の光導波路を利用した送受信モジュールである。基板88の上に分岐する石英導波路89、90、91、92、93を形成したものである。Y型分岐する導波路90、91は統一された導波路89となり、さらもう一

方のY分岐導波路92、93につながっている。Y分岐の分岐点にWDMフィルタ102が設置してある。Y分岐89の先端の分岐導波路90の先にPD99を設ける。分岐導波路91の先端にLD98を設ける。基板面には電極パターン96、97が形成される。その上にPD99、LD98を半田付けしている。LD98の端面100から1.3 μ mが出て行き、WDMフィルタ102を透過して導波路93から自由空間光95として出射される。基地局からの1.3 μ m信号は導波路93からWDM102を通過して導波路90に行きPD99の端面101に入る。これは端面入射型のPDである。WDMフィルタは1.55 μ mを反射し1.3 μ mを透過するものである。

【0024】これはレンズがなく構造が少し単純化される。信号光は行き帰りも1.3 μ mであって、WDMフィルタが単に光(1.55 μ m)を外に戻すために使用されている。従って今この発明で考えている用途(2波長 λ_1 、 λ_2 利用)には使用できない。この方式は光導波路面内で光の進行方向を変えるものである。当然分岐による1/2の損失以外に導波路による損失がある。また微細な光導波路を基板上に形成しなければならず製作が極めて難しい。

【0025】[C. 上方反射型(図8)]宇野智昭、西川透、光田昌弘、東門元二、松井康「表面実装型のLD/PD集積化モジュール」1997年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-89, p198 (1997)、及び東門元二、宇野智昭、竹中直樹、西川透、浅野弘明、松井康「ファイバ埋込光回路を用いたPDモジュールの受光特性」1997年電子情報通信学会総合大会、C-3-59, p244は、上方に光を反射するWDM素子を提案している。図8は受信光を上方に反射するようにした光送受信モジュールである。Si基板105の上に縦長のV溝108が穿たれこの上に光ファイバ104が固定される。基板105の終端部に段差106があつてLD107が固定される。LD107の1.3 μ m光が光ファイバに入り送信される。基板105と光ファイバを共通に45度の角度で切断した切り込み110がありここにWDMフィルタ111が挿入固定される。その斜め上部に受光面が下向きになるようにPD109が取り付けられている。

【0026】光ファイバ104を伝搬して来た1.55 μ m光はWDMフィルタ111によって斜め上方に反射される。これがPD109によって受光される。WDMは図6や図7のものと同じように1.3 μ mを通し1.55 μ mを反射するようになっている。斜め上のPDに1.55 μ mを反射するためWDMは斜め上向きに傾いて取り付けられている。レンズはなく光導波路もなく構造は単純である。しかしこれはLDがファイバの後ろにくっついたビッグテイルタイプとなる。結局図3のものと余り変わらない。

【0027】いずれにしても近年提案されている光送受信モジュールは材料費、組立費などが高み、大型であって構造がなお単純ではない。いずれも現状の技術の単なる延長にすぎない。未だ欠陥多く実用に供するには至らない。現状モジュールの単なる寄せ集め、単なる結合でなく、より少ない部品点数で、より小型の光送受信モジュールを提供することが本発明の第1の目的である。材料費も組立費も安価にできる光送受信モジュールを提供することが本発明の第2の目的である。より具体的に言えば、図6のものよりもコンパクトで、図7のものよりも作り易く、図8よりも低価格で歩留りの良い光送受信モジュールを提供するものである。

【0028】

【課題を解決するための手段】本発明の光送受信モジュールは 中間部に設けられた光を導く光ガイドと光ガイドの一部に穿たれた第1縦穴と一方の端部に設けられ光ファイバ先端を固定するV溝と反対側の端部にLDを取り付ける段部と底面にメタライズ層を有する第1基板と、第1基板の光ガイド部の途中に傾斜して設けられ一部の光を下方に反射し一部の光を反射するフィルタと、光ガイドの端部に対向するよう第1基板の段部に設けられるLDと、上面にメタライズ層を有し第1縦穴に対応する位置に設けた第2縦穴を有し前記第1基板の裏面のメタライズ層に上面メタライズ層が接合された第2基板と、第2基板の縦穴の直下において第2基板底面に取り付けられるPDと、第2基板底面に固定されPDの光電流を増幅する増幅器とよりなり、第1基板と第2基板の境目のメタライズ層はグラウンド電位となり、第1基板の前方のV溝に光ファイバの先端が固定され、光ファイバから出た光はその一部がフィルタによって下方に反射されてPDに入射し、LDからの光は一部がフィルタを透過して光ファイバに入るようにしている。

【0029】

【発明の実施の形態】従来例として紹介した物はいずれも光の一部を側方に曲げたり上方に曲げたりしている。これら従来例に比較して本発明は全く発想を異にする。光を側方や上方に反射するのではなく、本発明は光を下方へ反射する。これが一つの特徴である。本発明は、光送受信モジュールを、送信部と受信部を上下に分離し、別々のモジュールを作っておき検査して良品を選び結合して送受信モジュールとする。別々に製作できるので歩留まりが上昇する。上下に送信部と受信部を分離するので、光を下方に反射する必要がある。そのためにフィルタを下向きに傾けて取り付けるのである。

【0030】フィルタと言っても2種類の場合がある。ひとつは、単一の波長の光 λ_1 だけを用いる場合である。その場合は送信光が λ_1 、受信光が λ_1 である。送信のタイミングと受信のタイミングが異なるようにする。これはピンポン伝送と呼ばれる。この場合はフィルタは、送信光、受信光ともに一部反射し、一部透過す

る。

【0031】もう一つのフィルタは、波長選択性のあるフィルタである。 λ_1 、 λ_2 の2種類の光を用い、 λ_1 と λ_2 を、送信、受信に振り分けて利用する場合、これらを完全に分離する必要がある。そのためのフィルタはWDMフィルタという。この発明では、受信光はWDMフィルタで下方に反射され、送信光はWDMフィルタを透過するようになっている。

【0032】さらに本発明のもう一つの特徴は、基板上に光ガイドを設けその中間点にWDMフィルタを挿入した点にある。単純な直線状光ガイドである。またWDMによって波長の異なる光を分離する。ある波長 λ_1 は直進し、他の波長 λ_2 は下方に反射される。反射された下方にPDを設けてこれを受信する。

【0033】本発明は、光ガイドを作るが、これは直線状で製作容易である。光ガイドを作るが、図7のような表面導波路(PLC)によるWDMカブラや、フィルタの形成を行わない。いわゆるPLCなるものは平面導波路による光回路(Planar Lightwave Circuit)を意味する。図7の導波路タイプの主要部はこのPLCでできている。その製作の難しさは先述の通りである。本発明は光導波路を使わない。本発明は単純な直線の光ガイドを用いる。もちろんシングルモードの光ガイドであるが直線であって曲線部や分岐はない。だから本発明のモジュールの光ガイドは高歩留まりで安価に製作できる。

【0034】図10に本発明で用いる光ガイドの断面図を示す。ガイドの延長方向をx軸にとるとこれはyz断面図である。Si基板(Siベンチ)51の上にSiO₂のバッファ層52がありその上にSiO₂層がある。SiO₂層51の中央部にGe添加高屈折率SiO₂層54がある。これを囲む部分のSiO₂は低屈折率のクラッド層53である。コアの部分54はGeのために僅かに屈折率が高くて光を導く作用がある。この光ガイドは直線であって曲がりや分岐は存在しない。

【0035】光ガイドの製作方法を説明する。Si基板51(例えば15mm×20mm×1mm)の上に、低屈折率のSiO₂バッファ層52を火炎堆積法或いはスパッタリング法によって形成する。さらにその上に厚み例えば50μmのGe含有の高屈折率のSiO₂層を全面に形成する。ついでストライプパターンを持つマスクを用いフォトリソグラフィによってGe含有SiO₂層を、中央部を一部残して両側を除去する。これによって高屈折率部54がバッファ層52の上に残る。これは断面が例えば8μm×8μmである。ついで火炎堆積法あるいはスパッタリング法によって低屈折率のクラッド層53を形成する。クラッド層によって高屈折率部54が囲まれる。高屈折率部54はクラッド層53より屈折率が約0.3%高い。これがコアにあたり光を導く光ガイド54となる。以後この直線状の高屈折率部54を光ガ

イド54と呼ぶ。

【0036】本発明のモジュールは上部構造物と下部構造物からなり両者を張り合わせたものである。図9に上部構造物を、図11に下部構造物を示す。図10の光ガイドは上部構造物に設けられる。

【0037】図9によって上部構造物を説明する。図9(a)は上部構造物の平面図、(b)は中央縦断面図である。平坦なSiの第1基板51の表面上に長手方向(x軸方向)に上述の直線状光ガイド54がGeをドーピングすることによって形成されている。x方向の一方の端面には段55があり、この中央にV溝67がx方向に切っただけである。V溝の底辺は光ガイド54に合致するように形成してある。シングルモードファイバ56の先をV溝67に入れて位置決めする。その位置で光ファイバ端面を段の端面に接着する。シングルモードファイバ56は、中心のコア57とこれを包囲するクラッド58からなる。コア径は10 μ m程度である。V溝67、段差55を適当な形状寸法にして光ガイド54とコア57がx方向に合致するようにしてある。第1基板51の裏面全体にはメタライズ面64が形成される。これは例えば金層である。これはグランド面にもなる層である。

【0038】第1基板51の光ファイバが取り付けられている側と反対側には段差59がある。段差59の上面に電極パターン60、61が形成される。一方の電極パターン60の上にLDチップ62がボンドされている。電極パターンには例えばAuGeのような半田を使ってLDを取り付けることができる。LDチップ62の上面の電極はワイヤ63によって他方の電極パターン61に接続される。LDチップ62は例えばInGaAsP系の1.3 μ m発光レーザとする。チップの寸法は例えば300 μ m \times 300 μ m \times 100 μ mである。

【0039】光ガイド54の中間点には斜め下方向きの斜め溝65が穿たれる。斜め溝65はyz面に対して-x方向に45度傾斜した方向に穿たれている。斜め溝65にはWDMフィルタ66が斜めに挿入固定される。斜め溝65とは別にその下方に第1縦穴68が穿たれる。WDMは誘電体多層膜であって30 μ m程度の厚みを持ち、1.3 μ mは通し、1.55 μ mは反射する。

【0040】後方のLD62から出た送信光S(例えば1.3 μ m)は、光ガイド54の先端に入り、WDMフィルタ66を通り、-x方向に光ガイド54を通り抜けて光ファイバ56のコア57に入射する。光ファイバを伝搬してきた受信光R(例えば1.55 μ m)は光ガイド54に入り+x方向に進み、WDMフィルタ66によって反射されて縦穴68を通り下方へ進む。後に述べるように、ここには受光素子が設けられこれによって受光される。つまり受信光はWDMによって側方でもなく上方でもなく下方に曲げられる。

【0041】図11によって下部構造物を説明する。平坦な矩形状絶縁体の第2基板70の上には一様にメタラ

イズ層71が形成される。これは接合面ともなりグランド面ともなる。金などによるメタライズである。第2基板70は例えばセラミックとする。中央部には先述の縦穴68に対応する位置に第2縦穴72が穿たれている。第2基板70の下面にはメタライズ電極パターン74、79が形成される。電極パターン74は第2縦穴72の周りにある。ここに裏面入射型のPD73が裏面を上にして半田付けされる。このPD73は例えば550 μ m角 \times 100 μ m厚の寸法をもつ。裏面入射型PDというのはn型基板側から光が入射しバッファ層を通りp領域近くの受光層に至るようにした受光素子である。

【0042】受光素子は受光層と窓層の材料によって受光波長範囲が決まる。例えば1.55 μ mや1.3 μ m帯を受光するにはInGaAsを受光層とするPDを用いる。1.3 μ mだけを受光するという場合はInGaAsPを受光層とするPDを用いることができる。何れも基板はInP結晶である。図12によって裏面入射PDの一例を述べる。n-InP基板141の上に、n-InPバッファ層142、n-InGaAs受光層143、n-InP窓層144をエピタキシャル成長させたエピタキシャルウェファを用いる。これにマスクを用いて上面にZnを拡散してp型領域145、146、147を作る。中央のp型領域145が受光部となる。側方のp型領域146、147は、この部分に光が入って電子正孔対ができて電極に流れ込まず光電流にならないようにして信号遅れをなくすためのものである。

【0043】Zn拡散のために、pn接合150、151、152が生ずる。中央のpn接合が検出に寄与する。端のpn接合151、152は前記の余分なキャリアの走行を防ぐものである。中央のp型領域145の上には60 μ m直径のp電極149が形成される。表面から入射しないのでp電極はリング状でない。開口がない。小さい(60 μ m)円状になっている。p型領域145自体も狭い。そのためpn接合の静電容量が小さくなる。

【0044】n-InP基板141の裏面にリング状のn電極153が形成される。これの面積は大きい差し支えない。中央の開口は200 μ m ϕ であるが、ここに光が入る。開口部は反射防止膜154によって被覆される。

【0045】裏面入射型であるからn型基板側から入射する。裏面のn電極がリング状である。リング状n電極がパターン74に半田付けされる。一般に裏面入射型のPDはp電極をリング状でなく小さい円板状にできる。この実施例でも表面近くのp型領域75の上には円板状(リング状でない)p電極76がある。ワイヤはこのp電極にボンドできるのでp電極を小さくする事ができる。p電極が小さいのでpn接合も狭くし受光面積を狭くできる。ためにpn接合の静電容量が小さくできる。たとえば受光径を50 μ m \sim 100 μ m程度にすること

も可能である。その場合接合の静電容量は $0.2\text{ pF} \sim 0.8\text{ pF}$ である。静電容量が小さいのでこのPDは高速応答することができる。本発明にとって裏面入射型PDの採用は必須である。これによって高速の光通信が可能になる。

【0046】基板70の裏面の側方には増幅器(アンプ)チップ77が固定される。PD73のp電極とアンプ77の入力がワイヤ78によって接続される。PD73の光電流がすぐ近くのアンプ77によって増幅される。アンプ77の他の電極はメタライズパターン79に接続される。PDの受信信号は非常に微弱でありノイズを受け易いのでノイズが入る前に増幅するように増幅器77をすぐ近傍に設けている。増幅されると出力回路のインピーダンスが低くなりノイズに強くなるからこれを外部に取り出すようにする。この方式はPIN-AMPと呼ばれる。AMP77としては、増幅回路としてのSi-ICや、GaAs-ICを用いることができる。チップサイズは例えば 1 mm 角 $\sim 2\text{ mm}$ 角である。

【0047】第2基板70の第2縦穴72は、光ファイバの光がWDMによって反射される位置に穿孔してある。縦穴72の周りの底面にはPDチップと同じ寸法のメタライズ部分を設けておく。これはPDを取り付けるためであるがPD取り付けの位置合わせの目印にもなる。PDチップの寸法は先述のように例えば $550\text{ }\mu\text{m}$ 角の大きさがあるが受光面積は $50\text{ }\mu\text{m}$ 径 $\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 径の小さなものである。だから第1縦穴68、第2縦穴72は例えば $200\text{ }\mu\text{m}$ 径程度にすることができる。受光素子の受光径は $50\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ とかなり広いので位置合わせは簡単である。

【0048】図9に示す上部構造物は送信部ということができる。送信部のみを作製し検査して良品を選んでおく。下部構造物は受信部である。受信部も独立に製作して検査し良品を選ぶ。独立に作製して良品を選ぶので初めから合体したものを作る場合よりも留まりが高い。初めから全体を作るとどの部品が悪くても全体が不合格になり全ての部品と作業が無駄になる。本発明は別個に作ったものを結合するのでそのような無駄を避けることができる。

【0049】検査を合格した良品の送信部、受信部を図13のように合体させる。そのため上部構造物(送信部)のSiベンチ(第1基板)51と、下部構造物(受信部)のセラミックベンチ(第2基板)70にマークを付ける。たとえばそれぞれの基板の4隅にスルーホールを穿孔しておきこれらをマークとすることができる。第2基板70の上面のメタライズ層71に第1基板51の下面のメタライズ層64を重ね、これらのマークが合致するように基板51、70の相対位置を調整する。このとき光ファイバに光を入射させPD73の出力を観察しながら高感度が得られる位置に決めると良い。最適位置が決まるとその位置で基板51、70が合体される。

【0050】基板の張り合わせは熱圧着によって行うことができる。熱圧着は素子(PD、LD、アンプ)をも加熱してしまう。もっと低温で合体させたいという場合は、熱圧着に加えて超音波を掛けるとよい。超音波によってメタライズ面だけ局所加熱されるのでより低温で接合できる。

【0051】張り合わされた状態を図14に示す。上部構造物と下部構造物の間にあるメタライズ層64、71が合体しこれがグラウンド面となる。比較的大きい電流が流れるLD62はノイズの発生源となる可能性があり、インピーダンスの高いPDやアンプはノイズの影響を受け易いものである。しかしこの構造であると、LDと、PD、AMPの間は広いグラウンド面があるのでノイズが遮断される。グラウンド面によってLDと、PD+AMPを電気的に隔離しているのである。グラウンド面64、71が送信側と受信側のクロストークを防いでいる。

【0052】このように張り合わされたモジュールをさらにケースに納める。図15はケースに実装した状態を示す。ケースは金属、セラミックなどの容器である。その場合は内部空間があるので不活性ガスを充填してハーメチックシールする。図15はセラミックケースの場合を示す。金属ケースの場合はリードピンの取りだし部分を絶縁する必要がある。或いは低コスト化のために、樹脂モールド、あるいはプラスチックパッケージなどを用いることもできる。

【0053】図15において、ケース119は有底矩形状の下ケース120と、天井板を有する矩形状の上ケース121とよりなる。上ケース121の前面には横穴122が穿たれる。下ケース120は前面に第1段部123を、後面に第2段部124を有する。下ケース120の第2段部124には縦穴127が複数個穿たれる。リードピン128を通すための穴である。第2段部124の上面には、図11(b)のパターン74、79に対応するパターン(図示しない)が形成されている。

【0054】合体させた本発明のモジュールの第2基板(セラミックベンチ)71を下ケース120の段部123、124に載せて固定する。PD73やAMP77は下ケース120の内部空間に位置する。段部59の上にはこの例ではLD62の他にモニタPD129も取り付けられている。これはLD62の出力を検出し監視するためのものである。図13～図14の例ではモニタPDがないが、この例ではPD129を追加している。レーザ出力をモニタするためにPDを余分に入れるのは良く知られた事である。受信部の増幅器77やPD73の電極は図11(b)に現れる底面の電極パターン74、79によって段部124上のパターン(図示しない)に接続されさらにリードピン128に接続される。

【0055】光ファイバの先端を上ケース121の横穴122に入れSiベンチ(第1基板)51の前方のV溝に固定する。光ファイバとケースの結合は半田づけ、樹

脂接着などによる。光ファイバの表面の一部をメタライズしておきケースの穴で半田付けする。あるいは透湿性の低い樹脂で接着固定できる。

【0056】上ケース121の端面125、126を、下ケース120の段部123、124の上に接合する。密封されたケースには不活性ガスを封入してある。リードピン128は受信部(PD73と増幅器77)と送信部(LD62、PD129)に電源電圧を与えたり受信信号を取り出したり、送信信号を与えたりするための端子である。送信信号によってレーザ62が駆動され λ_1 (例えば1.3 μm)の送信光がでる。これが光ガイド54に入る。WDM66を単に透過して光ガイド54から光ファイバ56のコア57に入る。これが基地局へと伝搬する。

【0057】局から送られてきた λ_2 の受信光(例えば1.55 μm)は光ファイバコア57から光ガイド54に入り、WDM66で反射される。これが縦穴68、72を通り裏面入射型PD73に入る。PD73は受信光を光電流に変える。光電流はすぐに増幅器77によって増幅される。これがリードピン128のどれかによって外部に取り出される。この例ではリードピンをケース後半部に一列に並べているが、そうでなくて、前半部と後半部にリードピンを分離しても良い。このようなリードピン分布は、電気回路との組み合わせによって適宜決定することができる。

【0058】

【実施例】以下のようなパラメータを持つ本発明の光送受信モジュールを製作した。そしてその特性を評価した。

①送信部の半導体レーザLDは、発光波長が1.3 μm のMQW-LD(量子井戸型レーザ)である。チップサイズは300 μm (幅)×300 μm (長さ)×100 μm (厚み)である。閾値電流 I_{th} は7mAである。ピーク電流50mAで155Mbps信号で駆動し平均ファイバ出力1mW(0dBm)を得た。モニタ用PDは厚さ3 μm のInGaAs受光層を有する導波路型のpin-PDである。LDチップと同じサイズである(300 μm ×300 μm ×100 μm)。

【0059】②受信部は、1.55 μm 光の受信装置である。WDMフィルタは45°入射の光に対し、1.3 μm を透過させ、1.55 μm を反射する。だから受信部には1.55 μm のみが到達する。受信部のPDはInGaAsの受光層を有する裏面入射型PDである。だから1.3 μm も1.55 μm も感受できるが1.55 μm しかここへ来ないので1.55 μm を検出する。PDの寸法は550 μm (幅)×550 μm (長さ)×100 μm (厚み)である。受光径は60 μm である。静電容量は2Vのバイアスに対して0.3pFであった。極めて小さい静電容量である。

【0060】③増幅器(AMP)はGaAs-ICであ

る。フィードバック抵抗が1k Ω のトランスインピーダンス回路を用いた。

④以上の素子を用いて、受信感度を測定した。155Mbpsの信号速度で、誤り率を 10^{-9} 以下として、受信感度は-40dBmであった。極めて高感度である事が分かる。

【0061】

【発明の効果】本発明は次のような優れた効果を奏する事ができる。

① 送信部(LD)と受信部(PD)を全く別々に製作し、それぞれ別個に検査、バーンインをすることが出来る。それぞれの品質確認が確実にできる。LD、PDを一度に一体化する方式ではどの部品が悪くても全ての部品と全ての作業が無駄になってしまう。

② WDMフィルタを用いているのでコンパクトになる。WDMフィルタはガラス基板上に誘電体(光学的)多層膜を積層したもの、あるいは高分子薄膜上に光学的(誘電体)多層膜を積層したものをを用いる事ができる。

③ 光を下側に曲げ、ピンホールを通していているので、LDからの散乱光がPDに入りにくい。つまり受信光送信光のクロストークが殆ど生じない。

④ 送信側と、受信側との間に、広いグランド(アース)が設けてあるので大電流(例えば50~100mA)を流す送信側と、1 μA 以下の微小電流をも扱うPIN-AMP側が電気的にアイソレーションされる。電気的なクロストークも殆ど生じない。

⑤ PDは裏面入射型になるので静電容量を下げる事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】波長多重双方向光通信の概略構成図。

【図2】Y分岐を有する光導波路を利用したWDMの概略構成図。

【図3】誘電体多層膜を利用したWDMの概略構成図。

【図4】従来例にかかるLDモジュールの断面図。

【図5】従来例にかかるPDモジュールの断面図。

【図6】ミラー型WDMフィルタによって送信光と受信光を分離する従来例にかかる光送受信モジュールの断面図。

【図7】二つのY分岐を有する光導波路とWDMフィルタによって不要な光を反射する従来例にかかる光送受信モジュールの斜視図。

【図8】固定された光ファイバの途中に斜め向きにWDMフィルタを設け1.55 μm を反射してPDに導くようにした従来例に係る光送受信モジュールの断面図。

【図9】上部構造物と下部構造物よりなる本発明の光送受信モジュールの上部構造物の図。(a)は平面図、(b)は中央断面図である

【図10】本発明の上部構造物の一部をなす光ガイドの縦断面図。

【図11】上部構造物と下部構造物よりなる本発明の光送受信モジュールの下部構造物の図。(a)は中央縦断面図、(b)は底面図である。

【図12】裏面入射型PDの一例を示す断面図。

【図13】本発明の上部構造物と下部構造物を張り合わせて一体とする事を示すための両者の断面図。

【図14】上部構造物と下部構造物を張り合わせた状態の光送受信モジュールの断面図。

【図15】上部構造物と下部構造物を張り合わせたものをケースに収容した状態を示す本発明の光送受信モジュールの完成品の断面図。

【図16】従来例にかかる双方向光通信システムの加入者側の光送受信モジュールの概略構成図。

【符号の説明】

- | | |
|----------------|---------------------------|
| 1 光ファイバ | 37 集光レンズ |
| 2 分波器 | 38 ハウジング |
| 3 光ファイバ | 39 フェルール |
| 4 分波器 | 40 光ファイバ |
| 5 光ファイバ | 41 PDチップ |
| 6 光ファイバ | 42 ヘッド |
| 7 光ファイバ | 43 ピン |
| 8 光ファイバ | 44 キャップ |
| 9 光ファイバ | 45 窓 |
| 10 接近結合部 | 46 レンズホルダー |
| 11 光ファイバ | 47 集光レンズ |
| 12 光ファイバ | 48 ハウジング |
| 13 ガラスブロック | 49 フェルール |
| 14 ガラスブロック | 50 光ファイバ |
| 15 WDM誘電体ミラー | 51 Siベンチ (Si基板) |
| 16 シングルモードファイバ | 52 SiO ₂ バッファ層 |
| 17 光コネクタ | 53 SiO ₂ クラッド層 |
| 18 光ファイバ | 54 光ガイド |
| 19 光ファイバ | 55 段 |
| 20 接近結合部 | 56 シングルモードファイバ |
| 21 WDMモジュール | 57 コア |
| 22 光コネクタ | 58 クラッド |
| 23 光コネクタ | 59 段 |
| 24 光ファイバ | 60 電極パターン |
| 25 LDモジュール | 61 電極パターン |
| 26 光ファイバ | 62 LD63 ワイヤ |
| 27 PDモジュール | 64 メタライズ層 |
| 28 発光素子モジュール | 65 斜穴 |
| 29 LDチップ | 66 WDMフィルタ |
| 30 PDチップ | 67 V溝 |
| 31 ポール | 68 第1縦穴 |
| 32 ヘッド | 69 ファイバ端面 |
| 33 ピン | 70 基板 |
| 34 キャップ | 71 メタライズ層 |
| 35 窓 | 72 第2縦穴 |
| 36 レンズホルダー | 73 PD |
| | 74 底面電極 |
| | 75 p型領域 |
| | 76 p電極 |
| | 77 アンブ |
| | 78 ワイヤ |
| | 79 電極 |
| | 80 ハウジング |
| | 81 WDMフィルタ |
| | 82 レンズ |
| | 83 LD |
| | 84 レンズ |
| | 85 PD |
| | 86 光ファイバ |
| | 87 レンズ |

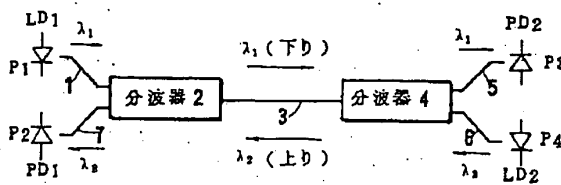
88 基板
 89 光導波路
 90 光導波路
 91 光導波路
 92 光導波路
 93 光導波路
 94 自由空間光
 95 自由空間光
 96 電極パターン
 97 電極パターン
 98 LD
 99 PD
 100 発光点
 101 受光点
 102 WDMフィルタ
 104 光ファイバ
 105 Si 基板
 106 段差

107 LDチップ
 108 V溝
 109 PD
 110 斜め切り欠き
 111 WDMフィルタ
 112 送信光
 113 受信光
 114 反射光
 119 ケース
 120 下ケース
 121 上ケース
 122 横穴
 123 前段部
 124 後段部
 125 端面
 126 端面
 127 縦穴
 128 リードピン

【図1】

【図2】

波長多重双方向光通信図

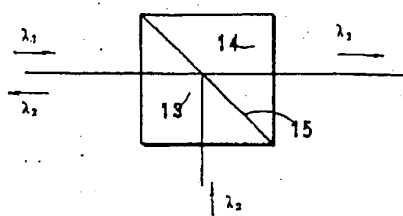


【図3】

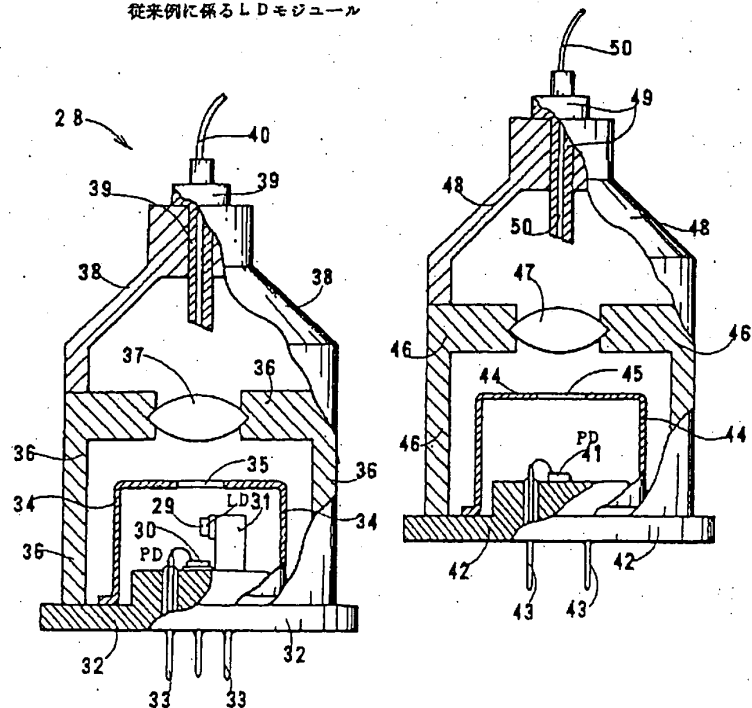
【図4】

【図5】

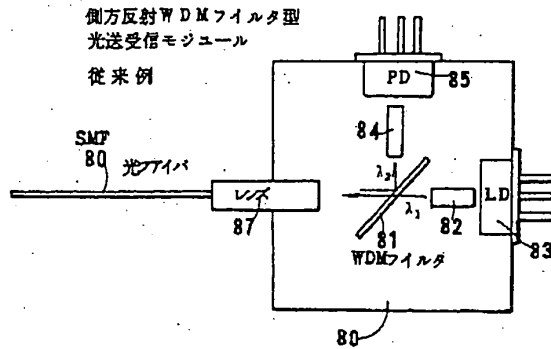
従来のPDモジュール

WDM用
多層膜ミラー

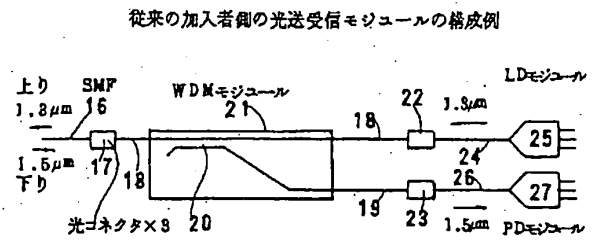
従来例に係るLDモジュール



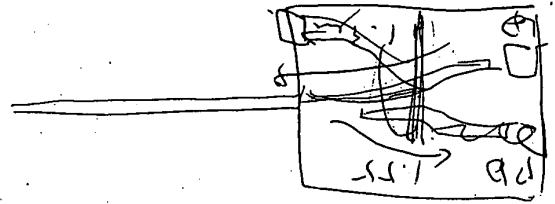
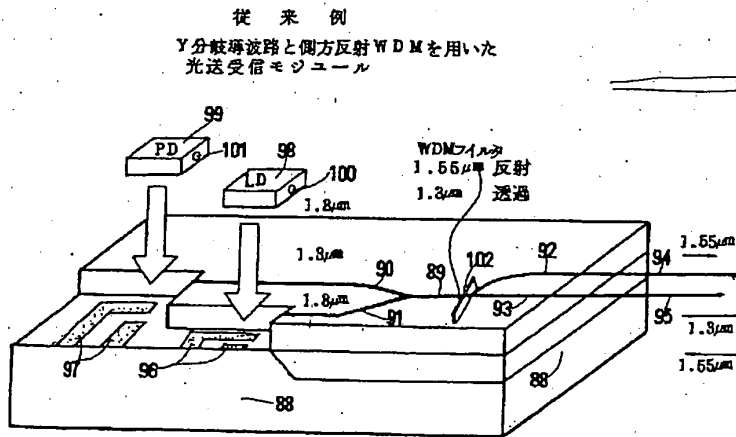
【図6】



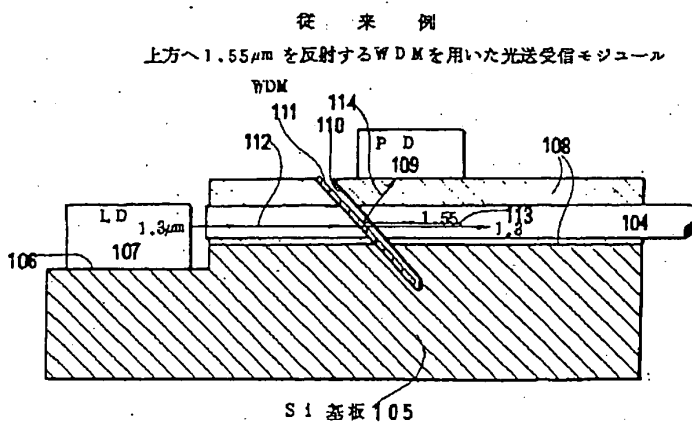
【図16】



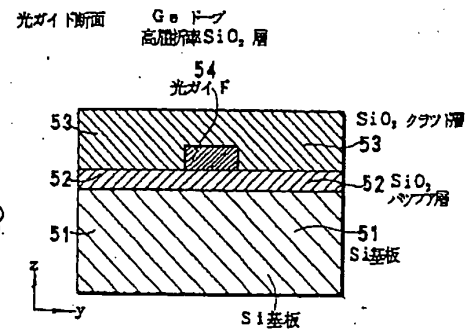
【図7】



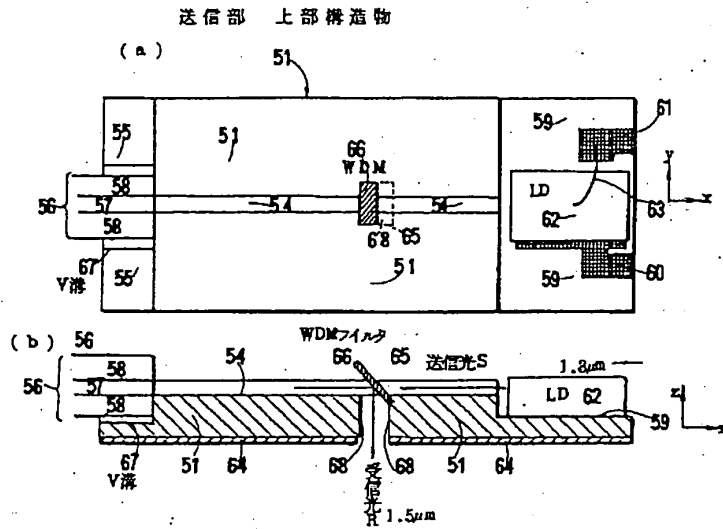
【図8】



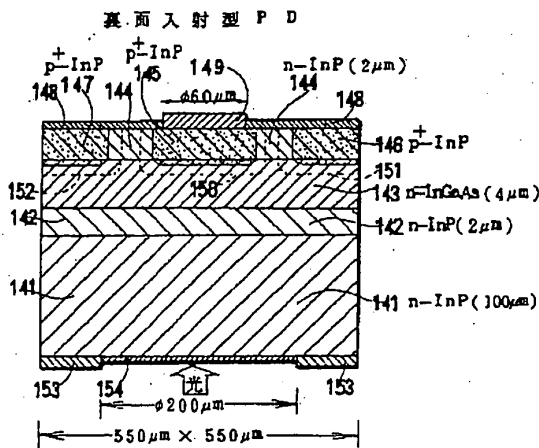
【図10】



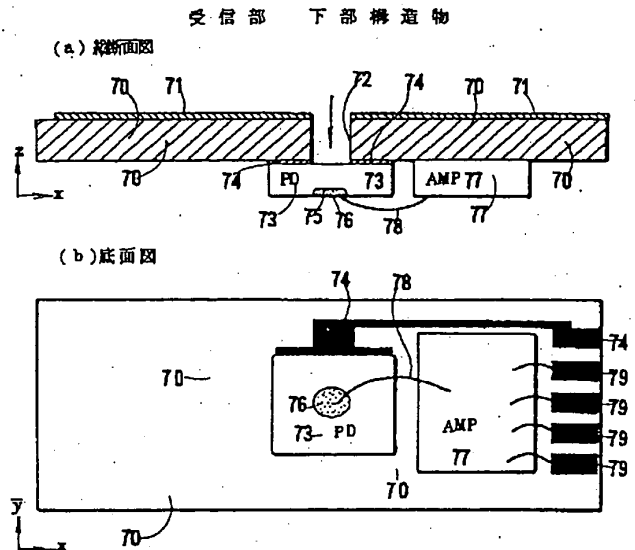
【図9】



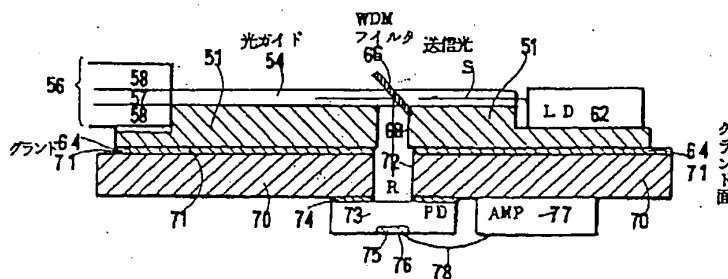
【図12】



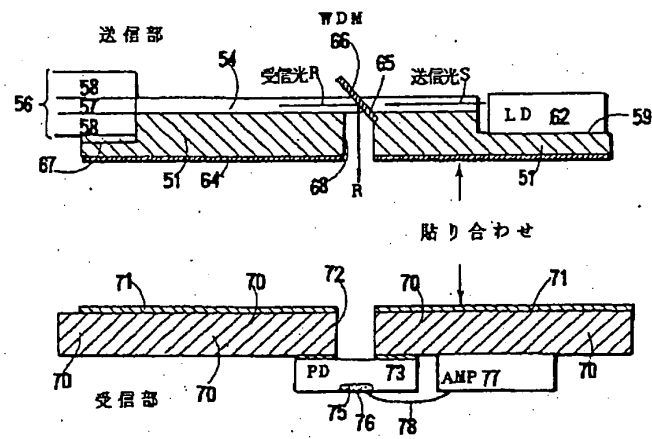
【図11】



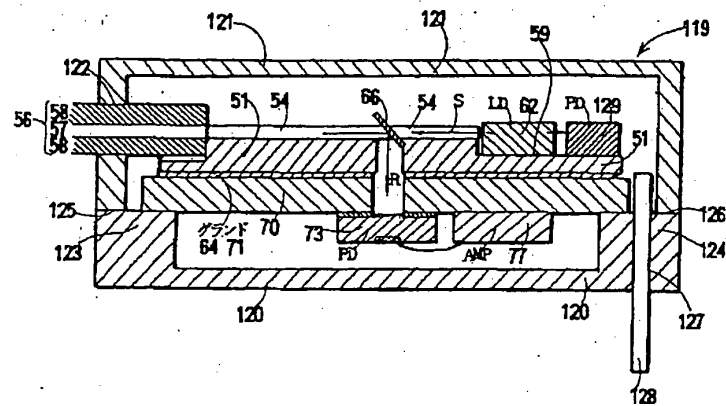
【図14】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 昭63-271207 (J P, A)
 特開 昭62-186207 (J P, A)
 特開 平7-234345 (J P, A)
 特開 平4-204403 (J P, A)
 特開 昭63-223716 (J P, A)
 特開 平1-310302 (J P, A)
 特開 平9-251119 (J P, A)
 実開 昭64-22055 (J P, U)

(58) 調査した分野 (Int. Cl. ⁷, D B 名)
 G02B 6/42
 G02B 6/12
 H01L 31/0232